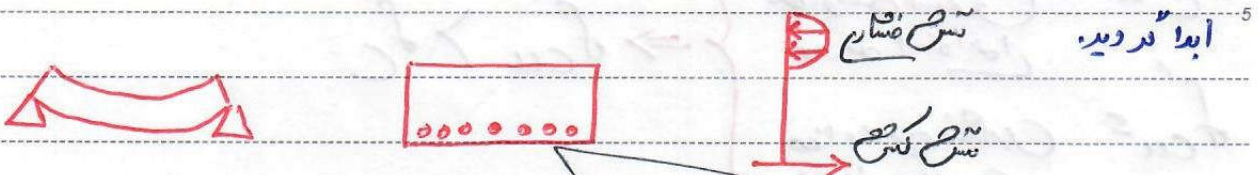


بیت: یک سنگ ساخته شده دست بشر است که از مقاومت فشاری قابل قبول و مقاومت کششی پائینی (حدوداً 10٪ مقاومت فشاری) برخوردار است؛ برای جریان ضعف ناشی از کشش، ایده بتن مسلح



10 اثر به ایده اولیه بتن مسلح، واکنش در قسم مقاومت در مقابل تنش کششی به فولاد می دهد ولی این وجود فولاد می تواند بعنوان یک عنصر کمکی در تحمل فشار نیز در کنار بتن به کار می رود که این سازگاری بین فولاد و بتن می دهد

الف) نزدیک بودن ضریب انبساط حرارتی بتن و فولاد

$$\alpha = 1,2 \times 10^{-5} \text{ (فولاد } 1/10^5)$$

$$\alpha = 1,1 \sim 1,3 \times 10^{-5} \text{ (بتن } 1/10^5)$$

ب) پیوستگی بسیار خوب بتن به فولاد بواسطه ی چسبندگی
سیمان در صافه و برآمدگی عاج در میلگرد است

مقاومت فشاری بتن $\Rightarrow$ مرتب ترین خصوصیت بتن

* رده بندی بتن بر اساس مقاومت فشاری

$$\left. \begin{array}{l} f'_c = \text{مقاومت فشاری} \\ \text{مؤنه استوانه‌ای} \\ f'_{cu} = \text{مقاومت فشاری} \\ \text{مؤنه مکعبی} \end{array} \right\} \Rightarrow f'_{cu} > f'_c$$

1. $f'_c < 20 \text{ Mpa} \Rightarrow$ low strength concrete

2. $20 < f'_c < 40 \text{ Mpa} \Rightarrow$ Medium or ordinary strength concrete

3. $40 < f'_c < 80 \text{ Mpa} \Rightarrow$ high strength concrete

4. $80 < f'_c < 150 \text{ Mpa} \Rightarrow$ very high strength concrete

5. $f'_c > 150 \text{ Mpa} \Rightarrow$ ultra high strength concrete
high performance concrete

عوامل مؤثر بر مقاومت فشاری بتن :

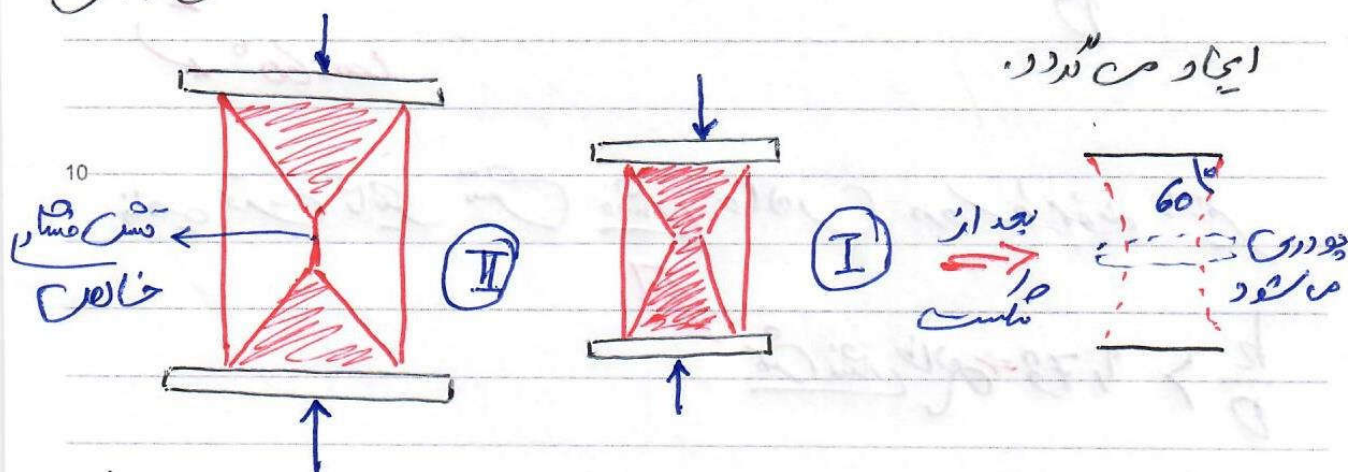
1. نوع مؤنه : * مقاومت فشاری 28 روزه مؤنه استوانه‌ای

300x150 برابر 80% کلر مؤنه مکعبی 150 است

* مقاومت فشاری 28 روزه بتن مؤلفه استوانه ای

300x150 برابر 83٪ تغییر مؤلفه مکعبی 200 است

توجه: مؤلفه های فوق تحت فشار قرار دارند؛ با توجه به ضریب یو آسون
5
می توانیم تغییر حجم بدهند و از مهارها صلب شوند؛ چون
داخل گیره قرار دارند، نمی توانند؛ پس در آنها تنش بزرگ
ایجاد می گردد.



* مؤلفه (I) مکعبی است که تحت تنش فشاری خالص است.

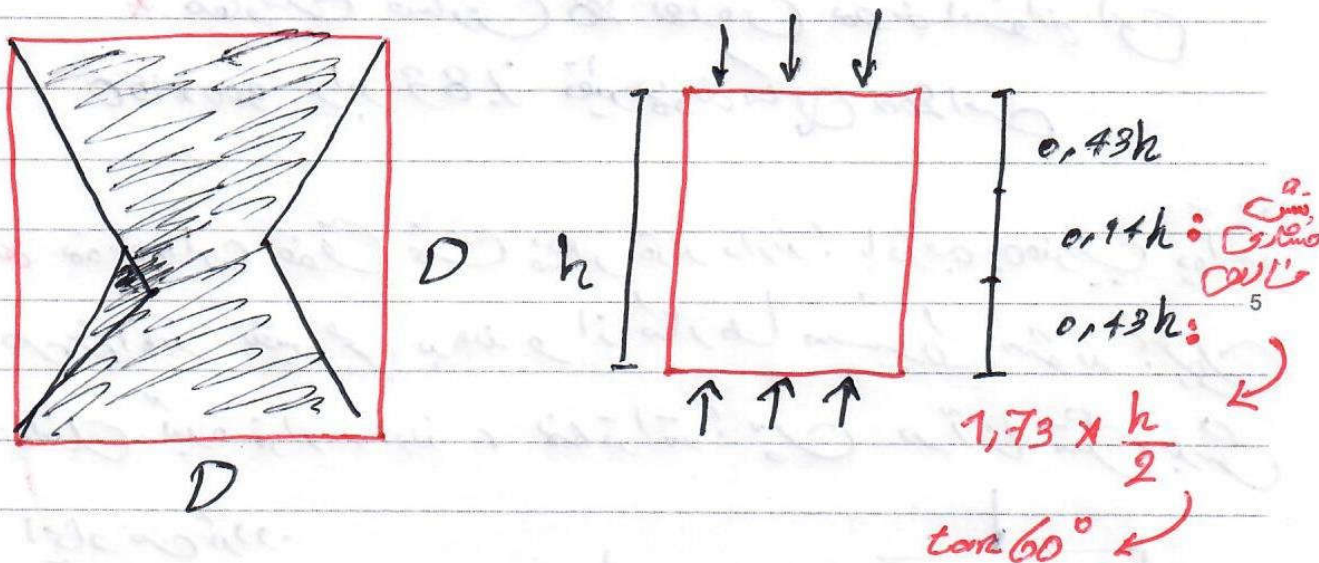
* علت اصلی تفاوت در مقاومت مؤلفه های استوانه ای

و مکعبی تفاوت نسبت ایجاد و ایجاد تنش طغی بزرگ بین

صفت فولادی اعمال بار و سطح مؤلفه بدلیل تفاوت

در مدول الاستیسیته و ضریب یو آسون بتن و فولاد

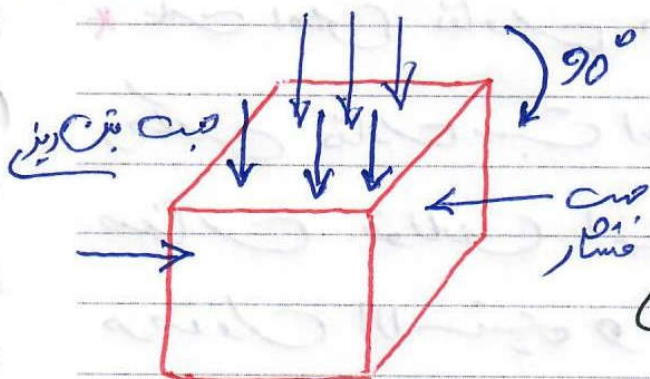
می باشد



نامیه تحت تاثیر ست فشار خالص در وسط نمود داریم

$$\frac{h}{D} > 1.73 \rightarrow \text{ست فشار خالص}$$

* تفاوت در جهت بتن ریختن و اعمال باریند در مقاطع نمودها
صلحی تاثیر گذار است.



این طرف سطح دارایی یک سطح آزاد است برای این که گفتیم
اعمال فشار بطور یکسانیت به سطح
بتن برسد، باید سطح آن صاف باشد

2. اندازه نمونه: در ایجاد مقادیر نمونه ها هر چه اندازه ی

نمونه بزرگتر شود، مقاومت ضربه ای آن کاهش می یابد؛ علت ناشی از مسئله احتمال در رابطه با وجود ضعف در سطح نمونه ها می باشد؛ هر چه در ایجاد نمونه بزرگتر شود، احتمال وجود نقاط⁵ ضعف در آن بیشتر می گردد و در نتیجه مقاومت آن کاهش می یابد البته اثر از حد متداول بیشتر گردد، توزیع نقاط ضعف تغییرات بی نهایت در نمونه می باشد و دیگر با اقلایی بعد در نمونه کاهش مقاومت

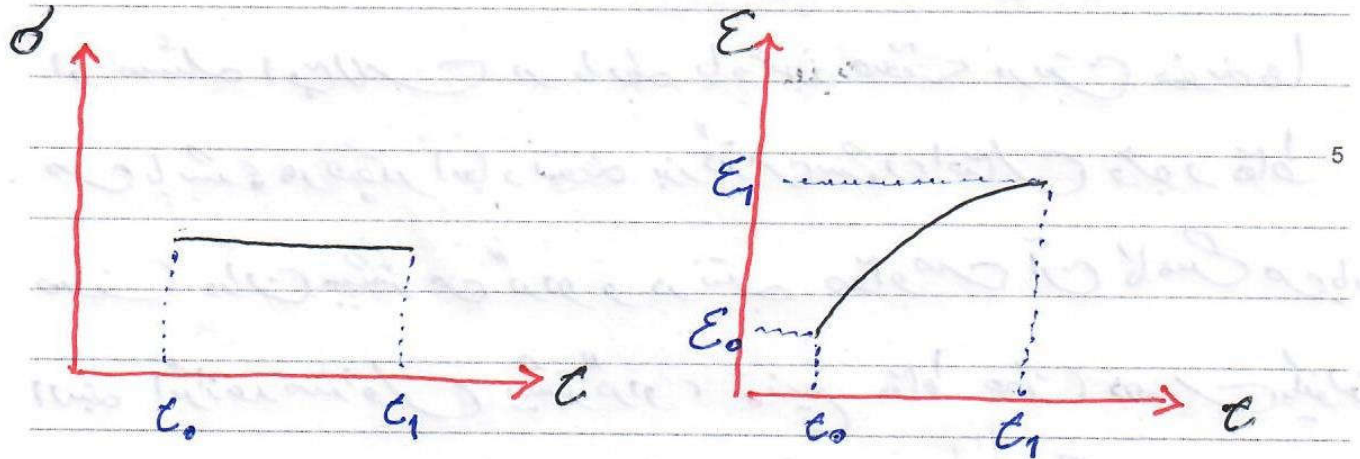
مستطوره بن کور

نمونه استاندارد	300x600	200x400	150x300	75x150	50x100
نسبت مقاومت به نمونه استاندارد	0,91	0,96	1	1,06	1,09

3. سرعت بارگذاری: سرعت ↑ قوت ↑ تغییر شکل ↓

هر چه سرعت اعمال تست بالاتر و بتن از خود مقاومت بیشتری نشان می دهد علت این امر پدیده ی قوتس است؛ در حقیقت هر چه سرعت بارگذاری کمتر باشد، اقتدایی بیشتری در نمونه اتفاق می افتد؛ بنابراین تحت سطح مشخص از تست کرنش ها²⁵

فشاری پیروی افق از اقتدار موجب سلبیت خود
 تحت اثر تست کندی می شود



4. قدس: تغییر شکل تحت تأثیر تنش ثابت در طول زمان است

به عوامل موثر با توجه و درصد صنایع بین و نحوه مراقبت

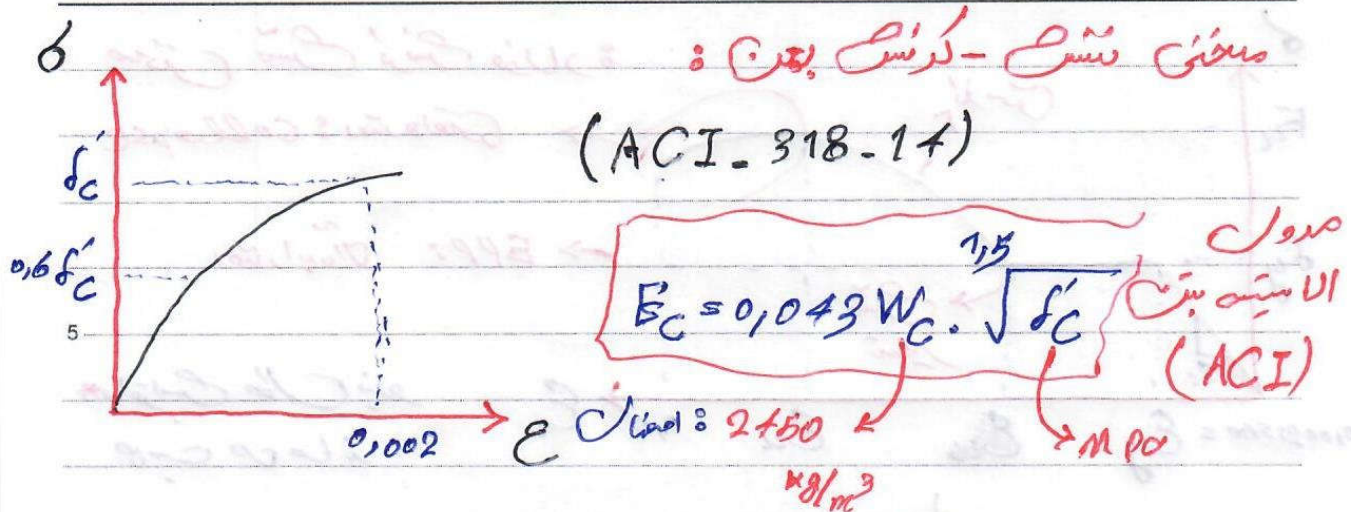
الف) نوع سیمان: مرغوب ↑ مقاومت ↑

ب) نسبت W/C : W/C ↓ مقاومت ↑

ج) پرتله ها و رول کته ها

د) سازه مراقبت از بتن

ه) حفوفیات سازه ها



برای بتن متوسط

$0.0015 \sim 0.003$

$1440 < W_c < 2560$

معمولی

$E_c = (3300 \sqrt{\delta_c} + 6900) \times \left(\frac{W_c}{23}\right)^{1.5}$

MPa $\rightarrow$ kN/m^3

* در مواقعی که دارای بارهای رفت و برگشت است $\leftarrow$ میلگرد آجدار

میلگردهای ساده : مجاز در دوربج ستن ها

میلگردهای آجدار : مجاز در مناطق زلزله خیز

رده بندی میلگرد بر اساس مقاومت مشخص :

قطر استاندارد بر اساس توسعه ی یونسکو حدوداً سین 6 تا 60 است

قطر متداول سین 6 تا 30 است

معمولی و آئین نامه	5220	5300	5350	5400	5500
استاندارد روس	AI	AII	AIII	AIV	

استاندارد اروپا

Gr 40

$\rightarrow 280 MPa$

Gr 50

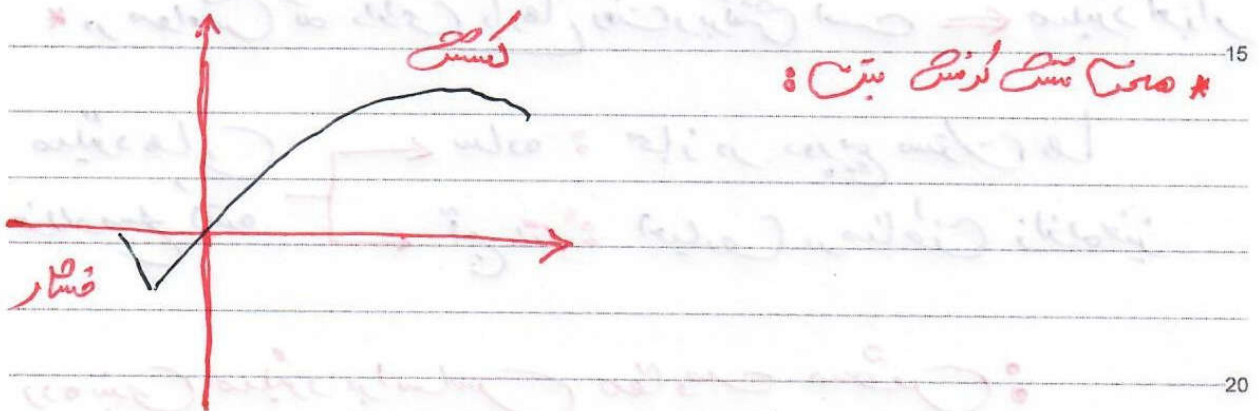
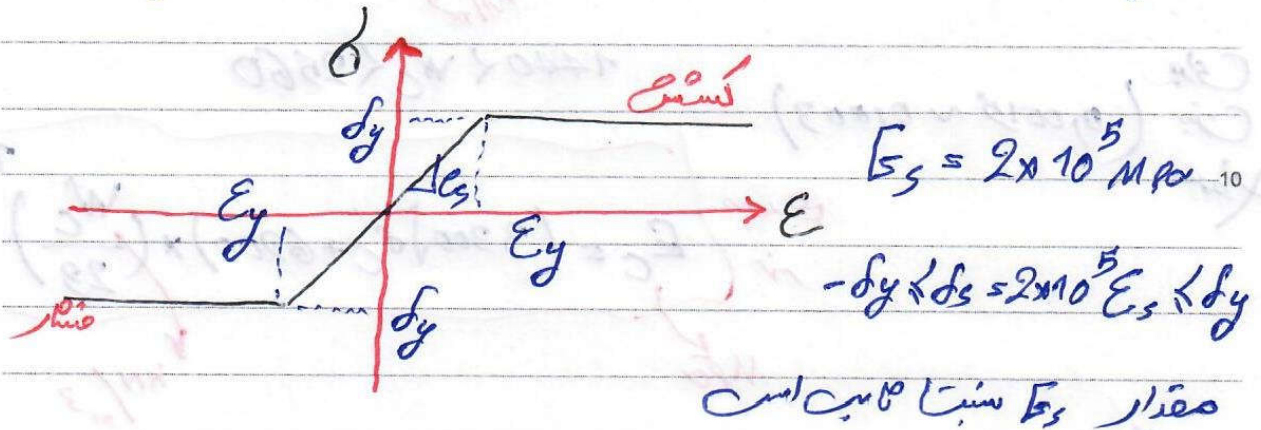
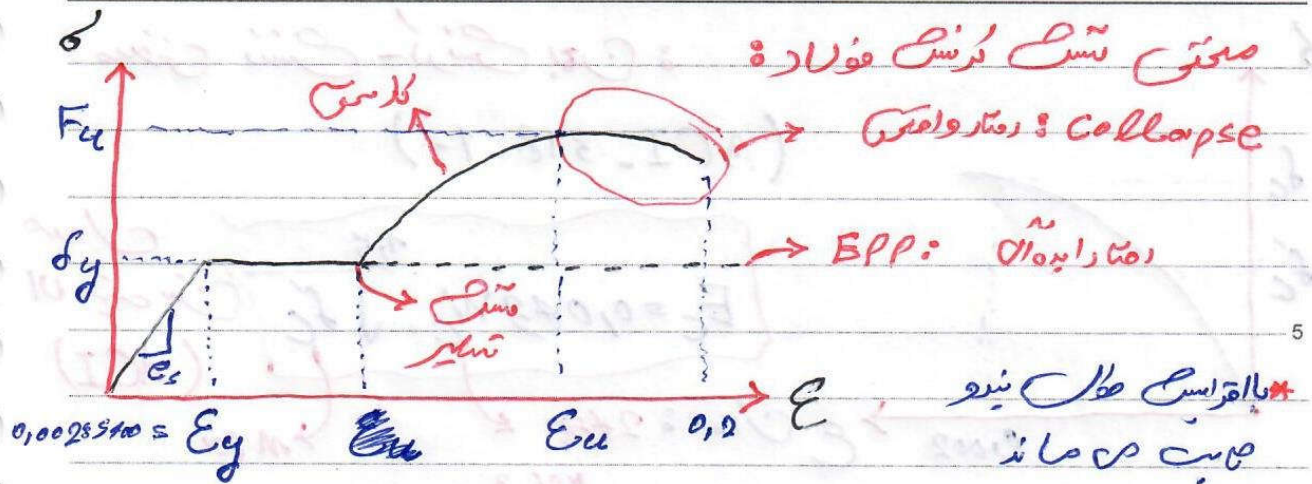
$\rightarrow 350 MPa$

Gr 60

$\rightarrow 420 MPa$

Gr 75

$\rightarrow 525 MPa$



* متداول ترین منبسط و منقبض در طراحی و نیروی محوری

استاندارد سوره (S400) A III

* متداول ترین منبسط و منقبض در طراحی و نیروی محوری

استاندارد سوره (S300) A II

* متداول ترین منبسط و منقبض در طراحی و نیروی محوری

A I (S220)

$$\delta r = 0.626 \sqrt{\delta C}$$

فیت ϕ ← ساده
تور ϕ ← آبی طرح
حدا میگیرد

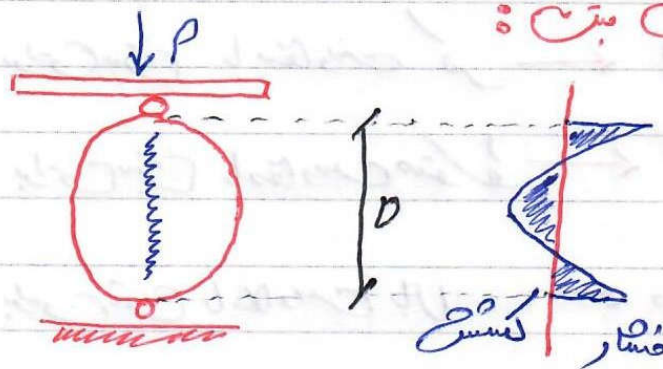
5

مقاومت کششی تنک محوره بتن:

مقاومت کششی بتن یا f_t در محدوده ۸-۱۵٪ مقاومت فشاری است.
آن متغیر خواهد بود؛ دلیل این که مقاومت فشاری بیشتر از کششی
آن است به سبب وجود ریزشک های فزادان در بتن.
حتی قبل از شروع آزمایش من باشد؟ همیشه ریزشک های در فشار
در ابتدا بسته شده و مسلک های برای حالت فشار ایجاد می کنند اما در
حالت کشش مانع از انتقال تنش کششی شده و منجر به کششی زودتر
آن شوند.

15

آزمایش مقاومت کششی بتن:



$$f_{ce} = \frac{2P}{\pi L D}$$

به طول مفید
استوانه ای

20

25

* ایجاد تنش کششی خاص به صورت مستقیم و غیرمستقیم
 بتن در آزمونگاه آسان نسبت به آیین نامه ی ASTM C490
 برای اندازه گیری مقاومت کششی و آزمایش شکافت کششی
 یا شکافت اسوانطبی را معرفی می کند که به آن آزمایش
 برزلی گویند

* ایجاد استوانه در آیین روس برابر 150×300 mm در حقیقت
 تنش فشاری وارد بر این نمونه و تنش کششی صفات این ایجاد
 می کند که در شکل مشخص نموده تقریباً یکسان است

15- ارتباط بین مقاومت کششی و فشاری بتن:

برای بتن با مقاومت کمتر $\leftarrow$ 10 الی 11 در صد

برای بتن با مقاومت متوسط $\leftarrow$ 8 الی 9 در صد

برای بتن با مقاومت بالا $\leftarrow$ در حدود 7 در صد

$$f_{ct} = 0.56 \sqrt{f'_c} \quad (ACI 318 - 14)$$

روش های طراحی و ترکیب بارگذاری :

هدف از طراحی سازه یا یک عضو سازه ای ، تأمین ایمنی کاف و رعایت اعتبار من باشد .

عوامل عدم قطعیت در ارزیابی ایمنی سازه :

۱. بیش بینی دقیق بارها و وارد بر سازه و همچنین توزیع آنها امتنان پذیر نیست (ماهیت احتمالی بار)

۲. مقادیر مصالح مصرفی نیز ماهیت احتمالی دارد و بیش بینی شرح تفسیر مصالح بر اساس بررسی های آماری و توزیع های احتمالی صورت می گیرد

۳. محاسبه سازه بر اساس فرضیات و تئوری های صورت می گیرد که ممکن است در عمل بصورت کامل به قدر نباشد

۴. جزئیات اجرایی کارگاه و خطاهای انسانی بصورت کامل با آنچه طراحی می شود تطابق ندارد

بنابراین باید شرایط بارگذاری را تا حدودی دسته بالا و مقادیر اجزاء را تا حدودی دسته پایین در نظر گرفته تا ضریب ایمنی کاف در مقابل شرایط محتمل فراهم شود

* تعیین ضریب اخیال و تدوین روس مناسب برای تعیین اجزاء و مقاطع سازه، روس طاقن نامیده می شود.

* استفاده از ضریب اخیال زیاد موجب بزرگتر شدن ابعاد و استفاده از مصالح سیم تر می شود که نتیجه آن ایجاد مشکل در اقتصاد فرد می شود.

* برقراری معادل مناسب بین ایمنی و اقتصاد از الزامات طراحی است.

روش تنش مجاز (ASD) [Allowable Stress Design]

قبل از سال 1956 ستا روس طاقن در ACI 318 بوده است.

1. بارگذاری: بارهای بدون ضریب: $D + L$ / $D + S$ / $D + L + E$

$$0,75(D + L + E) = \text{افزایش 33 درصدی} \\ \text{تنش های مجاز}$$

2. تحلیل سازه: تعیین تنش ها بر اساس تحلیل الاستیک خطی

3. تعیین تنش های مجاز بر اساس آیین نامه $1,5 \sim 2,58$ F_y F_u

$$\Rightarrow \text{تنش مجاز} = \frac{\text{مقاومت مصالح}}{F_y}$$

در بسیاری از قسمت های سازه، منسب اهمیت به طراحی بالاتر از آنچه باید، در نظر گرفته می شود.

روس طرح مقاصد (روس طرح مقاصد منسب): (USD)
[Ultimate Strength Design]

مقاصد طرح عضو در هر مقطع مافوق یا سطح تراز مقاصد
لازم است ترکیب بار منبسط را در نظر بگیرد

مقاصد مورد نیاز $\geq$ مقاصد طرح

مقاصد ϕ (منسب کاهش) $\geq$ مقاصد طرح

1. بارگذاری و برآیناس بارها منسب در: $1.4D + 1.6L$
 $1.2D + L + E / 0.9D + E$

مقاصد منسب: مقاصد یک عضو بر اساس مزاحمت و مقدار
مقاصد صبی بر روی طرح مقاصد که در آن از روس کاهش مقاصد
استفاده شده است

25 $\phi \cdot S_n \geq U$
مقاصد مورد نیاز $\rightarrow$
مقاصد منسب $\rightarrow$
کاهش منسب کاهش مقاصد

منشی ϕ :

1. افتادن مقاومت کمریک عطف براساس مقیاس منحنی در مفاصل مصالح

2. دقیق نبودن معادلات مصالح

3. درجه شیب پذیر و قابلیت اعتماد مورد نیاز در عطف بست بار

4. اکتسای عطف بر سازه منشی $\rightarrow \phi \leq 0.9 \rightarrow \phi M_n \geq M_u$

برشی $\rightarrow \phi \leq 0.75 \rightarrow \phi V_n \geq V_u$

پیچشی $\rightarrow \phi \leq 0.75 \rightarrow \phi T_n \geq T_u$

کشی کنترل $\phi \leq 0.9 \rightarrow \phi P_n \geq P_u$

$\phi \leq 0.75$

$\phi \leq 0.65$

بادورشی

بدون کوریج

فشار کشی

شیوی کوریج

20 مترادف بهره برداری 8

کنترل خیز، ترک ارماتاسیون تحت بار و منشی کنترل منحنی

ملاحظات در حالت حدی (موجب نه): LSD

این روش بر مبنای افتداد است و در این روش احتمال خطا سازنده را با برآورد نری از تفاوت (R) و محاسب با استفاده از بار (S) کاهش می دهد در حقیقت این احتمال باید حاصل شود

در $R \gg S$ با R

$$R \gg S$$

$$\Rightarrow \phi R_n \geq \alpha \kappa_n$$

10

$$\alpha \kappa_n = \alpha_D \kappa_{nD} + \alpha_L \kappa_{nL} + \alpha_E \kappa_{nE}$$

$R_r \geq \text{effect of } [\alpha \kappa_n]$

15

ϕ ، منسوب به مقدار در این روش

الف) $\phi_C = 0,65$: بین ریزی درجا

ب) $\phi_C = 0,70$: بین سست و سفت

20

ج) $\phi_S = 0,85$: فولاد مسلح گسترده

$$\phi R_n = R_r \rightarrow \text{reduce}$$

25

حالات حسی مناظر با این (حالات حسی بنایی):

دره و صحرای گاه، سنگس، وارژتون و... را حاصل می‌دهد

حالات حسی بهره برداری:

خیز، شک خوردن، ارتعاش و... را حاصل می‌دهد

حالات حسی بنایی: گذر از این حالت باعث ناپایداری می‌شود

یا اینکه از اجزای سازه می‌گذرد؛ از این روش می‌توان استایل

مکان یا قسمت از سازه؛² می‌توانیم تمام یا بخشی از سازه

و حاصل تغییر شکل می‌شود؛ از حد؛³ از دست رفتن یا پدیده‌های

یا بخشی از سازه

حالات حسی بهره برداری: گذر از آن‌ها، قابلیت بهره برداری

مناسب از بنا را از این می‌برد؛¹ تغییر شکل می‌شود از حد سقف

مخبر به آسیب رساندن و...² می‌تواند به سازه و یا

ترک خوردن می‌شود از حد سازه که موجب ظاهر نازیب یا خطرناک

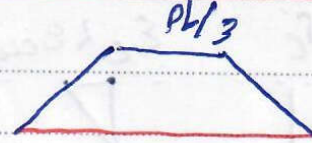
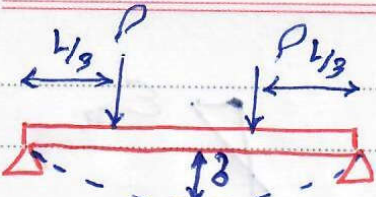
زدن خود را می‌تواند مصالح گسسته را می‌کند و یا از این می‌شود از حد

سازه تحت تاثیر بهره برداری

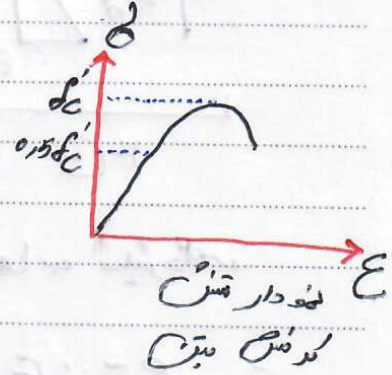
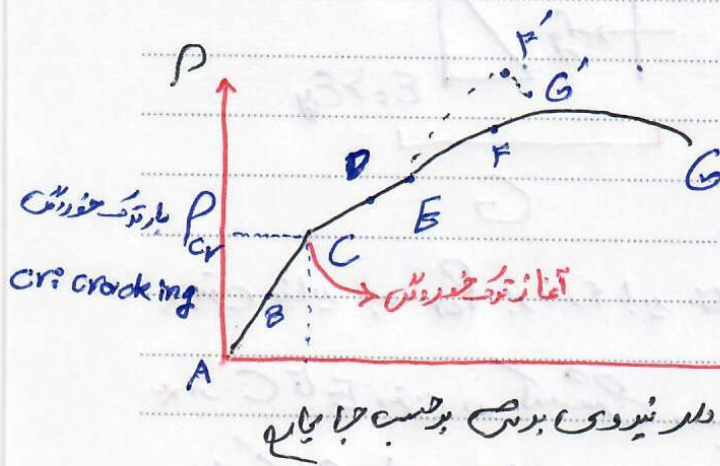
Persian
note
book
Rasa

DATE: / /

SUBJECT:

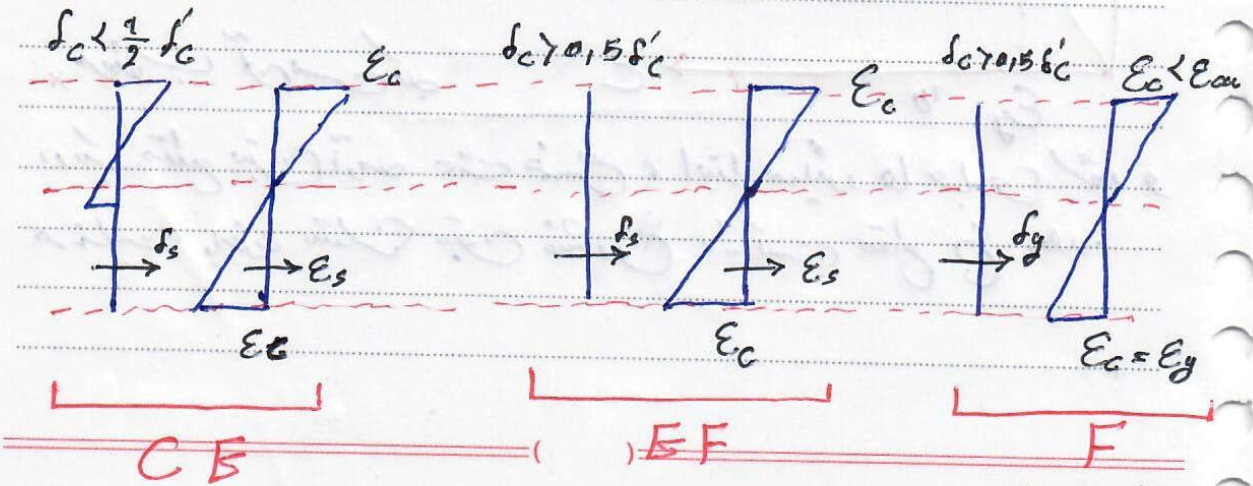
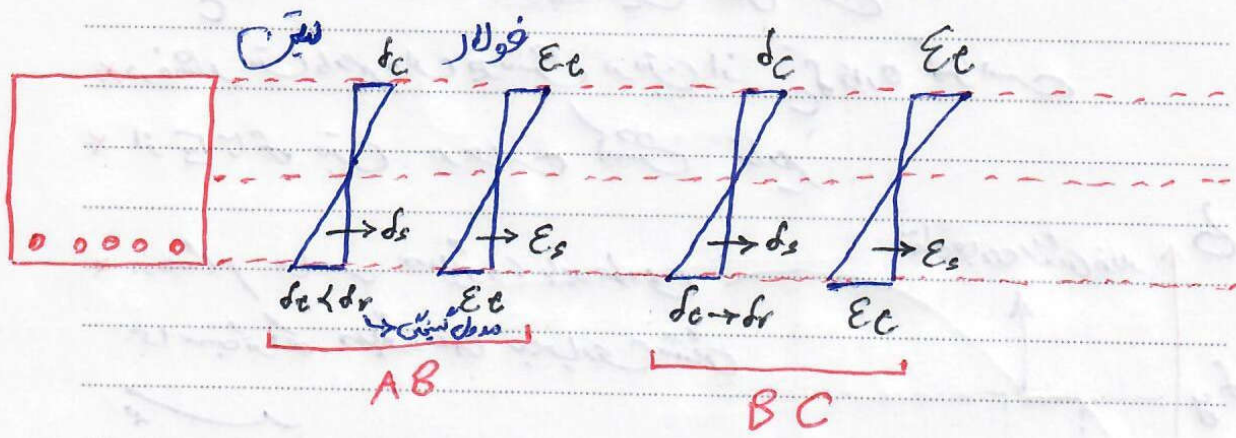


مقدار
تنش

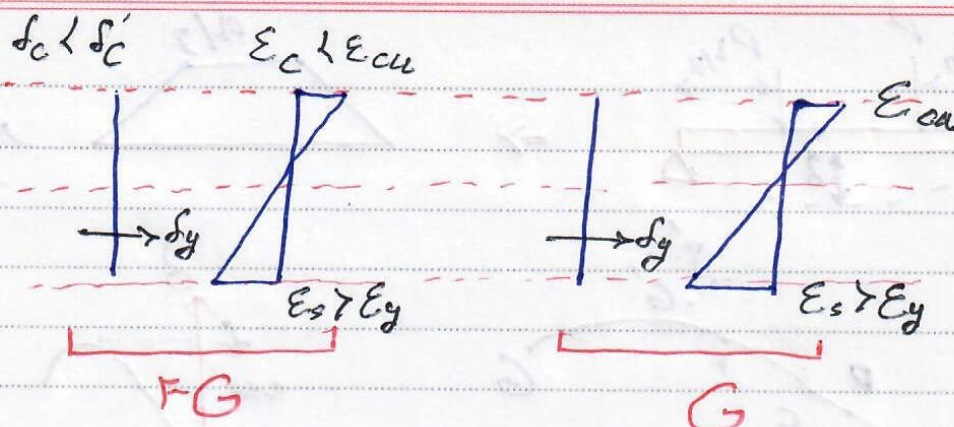


مقدار تنش
کرفت منحنی

مقدار نیروی برشی بر حسب جابجایی



نقطه F: شروع
جاری شدن فولاد

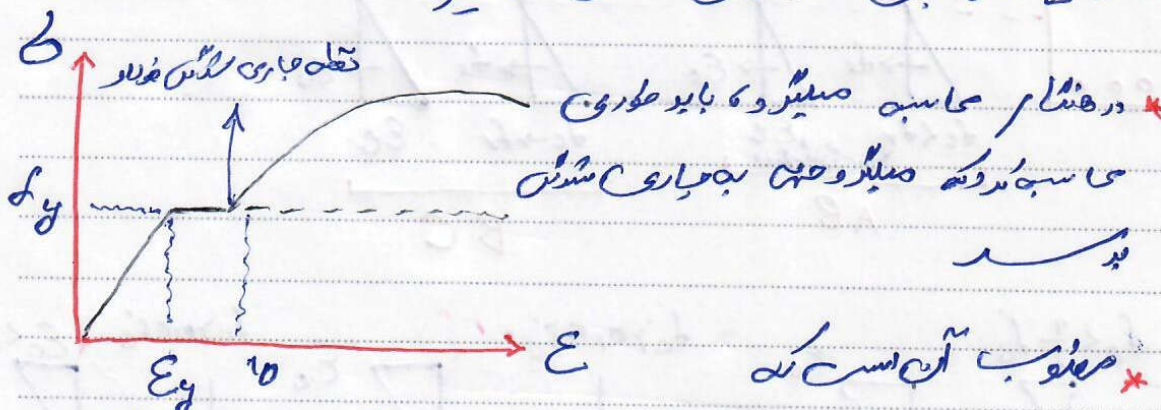


* بتن نباید به P_{cr} برسد؛ باید تمام کسش ها به میلگرد باشد.

* از C تا بتن در کسش مثبت تا نقطه ϵ_{sy} تا نیز کش در بتن برابر کرده است؛ برای همین خط است.

* در فشار مثبت و منفی در بتن از ϵ_{sy} تا ϵ_{cu} کمتر است.

* از C تا بتن در حالت کسش نامبر.



در یک مقطع بتن آرمه تحت خمش، ابتدا میلگردها جاری شدند و در نهایت با خورد شدن بتن فشاری، شکست مقطع رخ دهد.

* حالت دیگری که فولاد در آن به تسلیم نرسد (جاری نشود) و در مقابل کرنش دورترین تارهای بتن به کرنش شکست بتن یعنی (ϵ_{cu}) برسد که در این حالت شکست ترد خواهر داشته که نمایانگر سیس از حد بودن فولاد است (خفگی $\epsilon_f \epsilon_g$)

فولاد میتواند یا با A_s است:

برابر است با مقداری از فولاد در یک مقطع بتن آرمه که با افزایش بار میزان فولاد در تایی کمتر به حد تسلیم رسیده و بتن هر در تایی و فشاری به حد خورد شدن برسد

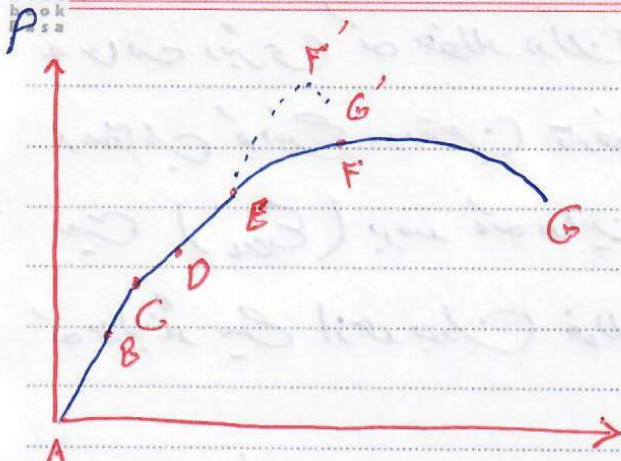
$A_s < A_{sb} \rightarrow$ شکست فولاد $\rightarrow$ کرنش بتن به ϵ_{cu}
 $A_s > A_{sb} \rightarrow$ شکست بتن $\rightarrow$ کرنش فولاد به ϵ_y

مزایای مقطع کم فولاد به پر فولاد:

1. امکان ایجاد تغییر شکل ها بزرگ و اعلا شکست زودرس و محکم
 2. قابلیت جذب انرژی بالاتر در برابر زلزله
 3. امکان باز توزیع نیروها در سایر اجزای سازه
- $\leftarrow$ عدم شکست سازه و ایجاد مفاصل پلاستیک
 $\leftarrow$ بدون آرمینگ شود، آرمینگ جایگزین سیس می شود خواهر داشته

DATE: / /

SUBJECT:

Persian
note
book
Pisa

رفتار مقطع خمشی :

1. محدوده رفتار الاستیک (AG)

تک خوردگی در ناحیه کشش

انقباض یافتگی و رفتار تنه فشر

من باشد

2. رفتار پلاستیک (EG)

تک خوردگی در ناحیه کشش

در تنه رخ داده است ولی تنه

در ناحیه فشاری تنه کمتر

از ϵ_y است

3. محدوده رفتار پلاستیک (EG و EG')

تنه در فشار بعد از غیر خطی است

و منته به فولاد موجود در تنه

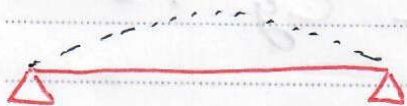
رفتار شکل پذیر (EG) یا رفتار ترد (EG')

خواهیردست



* رفتار تنه در فشار و فولاد

در کشش بعد از خطی است



طراحی الاستیک : تحت بار حداکثر، تک خوردگی در مقطع ایجاد

نشود؛ یعنی تنش در محور قعرین تارکشی مقطع از ضریب کشندگی

تنه کمتر باشد ($\sigma_r \leq \sigma_{t, max}$)تنه کشندگی
تنه کشندگی

Subject:

Year : Month : Day : ()

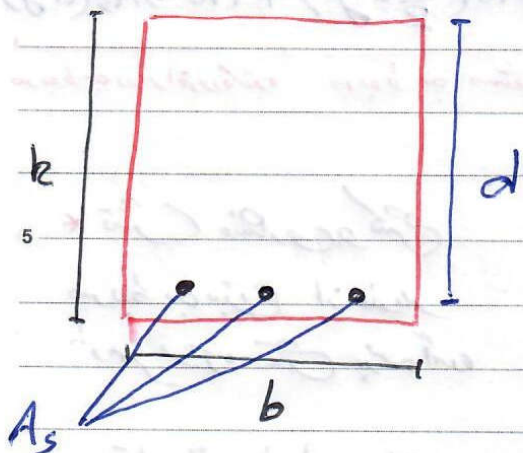
page : ()

d : ضخامت ورقه فولاد پس از تغییر و دورترین
تا کسری تا مرکز میگردان

b : عرض

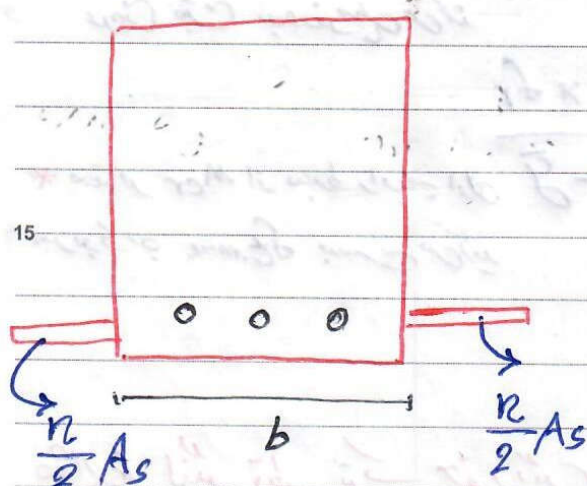
h : ارتفاع

A_s : مجموع مساحت های میگردان

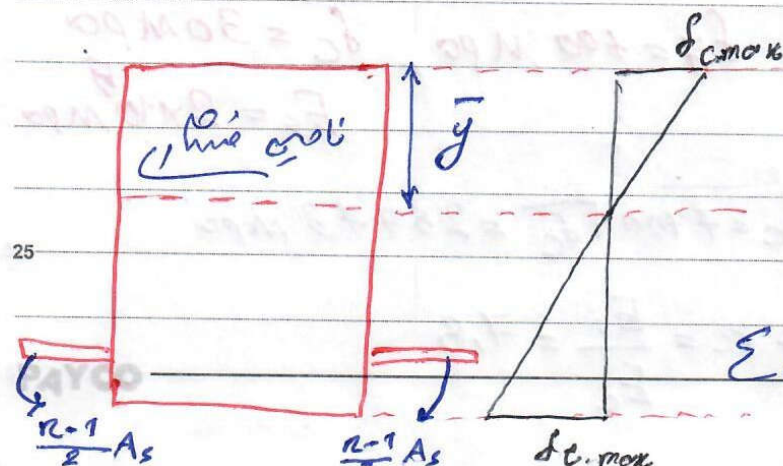


* در شکل دوم مصالح میگردان ها را حذف کرده
و مصالح مناسب با منبسط از بتن اضافه
میکنند

* در شکل سوم جای خالی میگردان ها را با
بتن پر کرده و مصالح مناسب با منبسط و کاسه
آن از بتن اضافه میکنند



$$R = \frac{E_s}{E_c} \rightarrow \text{نسبت مدول الاستیک فولاد}$$



$$\bar{y} = \frac{\sum Ay}{\sum A} = \frac{b \times h \times (\frac{h}{2}) + (R-1)A_s d}{b \times h + (R-1)A_s}$$

$$\sum Ay = b \times h \times (\frac{h}{2}) + (R-1)A_s d$$

$$I_{cr} = \sum (I_o + A D^2) = \frac{b h^3}{12} + b h \left(\frac{h}{2} - \bar{y} \right)^2 + (n-1) A_s (d - \bar{y})^2$$

مربوط به فضا را آورده شده مربوط به مستطیل اصلی

$$f_{t, max} = \frac{n(h - \bar{y})}{I_{cr}} \leq f_r \quad \text{حد اکثر تنش کششی در مقطع}$$

* تنش فشاری و کششی

$$f_{c, max} = \frac{M \times \bar{y}}{I_{cr}} \quad \text{حد اکثر تنش فشاری در مقطع}$$

مربوط به بتن از محور دورتر است بدست آمده

$$f_s = n \times \frac{M(d - \bar{y})}{I_{cr}} \quad \text{تنش موجود در میلگرد}$$

* مقدار I_{cr} مربوط به جنسیت

بتن یا بتن مسلح

به سمت باریک بودن عرض بتن به هم نزدیک می کند

$$f_{t, max} = f_r \Rightarrow M_{cr} = \frac{I_{cr} \times f_r}{h - \bar{y}}$$

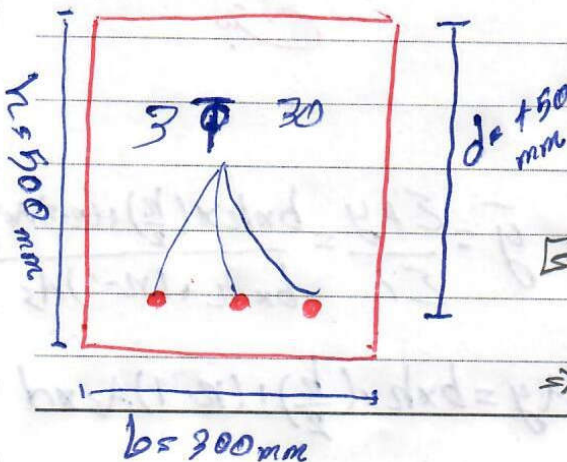
لنگر ترک خوردن

* مقدار M_{cr} از نسبت رابطه اول

مربوط به $f_{t, max}$ بدست می آید

مثال) لنگر تغییر ترک خوردن و حد اکثر تنش فشاری و کششی

کشی فولاد را در این لنگر حساب کنید



$$f_y = 400 \text{ MPa} \quad f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} = 25743 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow n = \frac{E_s}{E_c} = 7.8$$

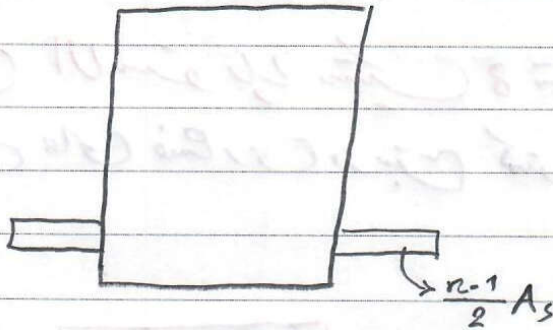
Subject:

Year: Month: Day: ()

page: ()

23

Dimensions:



$$A_s = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 30^2 = 2121 \text{ mm}^2 \Rightarrow \frac{n-1}{2} A_s = 14422,8 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_r = 0,626 \sqrt{\sigma'_c} = 0,626 \times \sqrt{30} = 3,42 \text{ MPa}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum Ay}{\sum A} = \frac{300 \times 500 \times (\frac{500}{2}) + 14422,8 \times 150}{300 \times 500 + 14422,8} = 267,5 \text{ mm}$$

$$I_{cr} = \frac{300 \times 500^3}{12} + (300 \times 500) \left(\frac{500}{2} - 267,5 \right)^2 + 14422,8 \times (150 - 267,5)^2$$

$$= 3,65 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

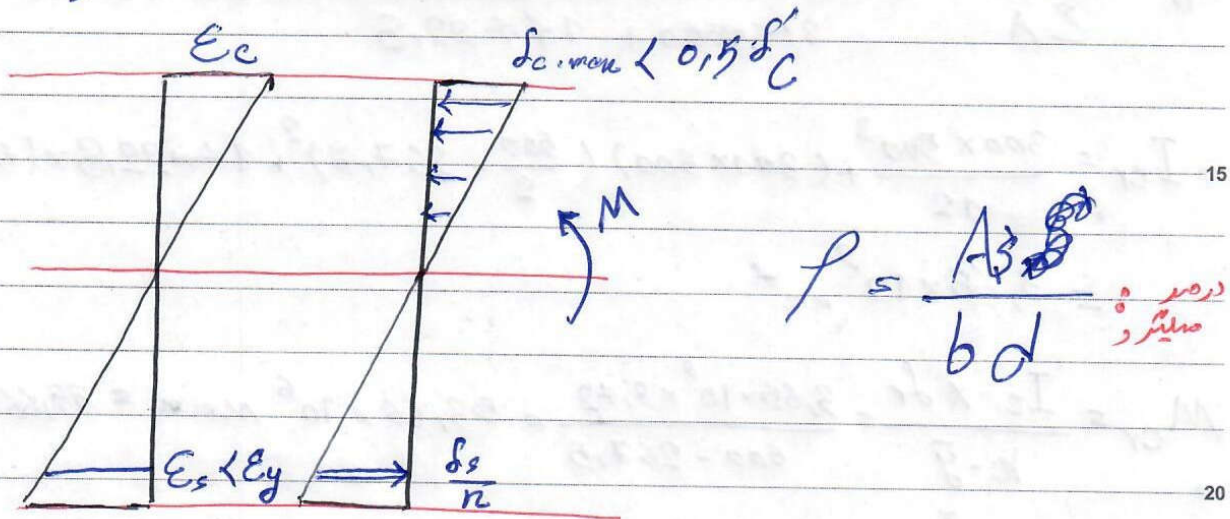
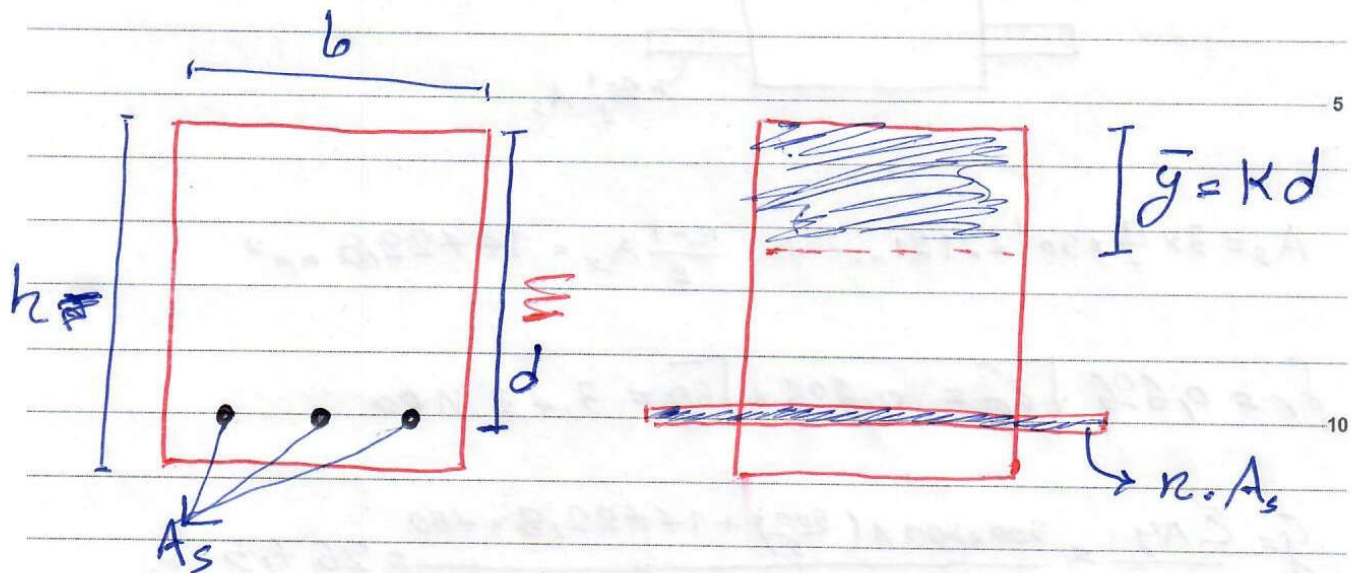
$$M_{cr} = \frac{I_{cr} \times \sigma_r}{k - \bar{y}} = \frac{3,65 \times 10^9 \times 3,42}{500 - 267,5} = 53,66 \times 10^6 \text{ N.m} = 53,66 \text{ kN.m}$$

$$\sigma_{c, \max} = \frac{M \times \bar{y}}{I_{cr}} = \frac{53,66 \times 10^6 \times 267,5}{3,65 \times 10^9} = 3,93 \text{ MPa} \ll 30 \text{ MPa} \quad \textcircled{I}$$

$$\sigma_{s, \max} = n \times \frac{M_{cr} (d - \bar{y})}{I_{cr}} = 7,8 \times \frac{53,66 \times 10^6 \times (150 - 267,5)}{3,65 \times 10^9} = 20,89 \ll 100 \text{ MPa} \quad \textcircled{II}$$

①, ② $\Rightarrow$ غير مطلوب

طراحی الاستاتیکی 8 تن های کسری و در
فولاد و بتن های فشاری در بتن کمتر از $0.5 f'_c$ است



$$\bar{y} = \frac{\sum Ay}{\sum A} = \frac{b \bar{y} \times (\frac{\bar{y}}{2}) + n \cdot A_s \cdot d}{b \bar{y} + n \cdot A_s}$$

طریقین اولی و دوم

$$\Rightarrow \bar{y}^2 + \frac{2nA_s}{b} \bar{y} - \frac{2nA_s \cdot d}{b} = 0 \Rightarrow \bar{y} \checkmark$$

$$\bar{y} = Kd \Rightarrow K \checkmark$$

$$\Rightarrow k^2 + 2npk - 2np \Rightarrow k = -np + \sqrt{n^2p^2 + 2np}$$

$$I_{cr} = \sum (I_o + Ad^2) = \frac{1}{12} b \bar{y}^3 + (b\bar{y}) \times \left(\frac{\bar{y}}{2}\right)^2$$

$$+ nA_s (d - \bar{y})^2 \Rightarrow I_{cr} = \frac{1}{12} b \bar{y}^3 + nA_s (d - \bar{y})^2$$

$$\Rightarrow f_{c,max} = \frac{M \bar{y}}{I_{cr}} \Rightarrow f_s = n \times \frac{M(d - \bar{y})}{I_{cr}}$$

فرضیه: حداکثر تنش در حالت الاستیک برای مقطع متال استیل به
آویز همبند تست فشاری موجود در بتن و تسک کسب فولاد را در نظر می‌گیرد

$$A_s = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 30^2 = 2120.5 \quad \rho = \frac{2120.5}{300 \times 450} = 0.015$$

$$k = -np + \sqrt{n^2p^2 + 2np} = 0.38 \quad \bar{y} = 0.38 \times 450 = 171.3$$

$$I_{cr} = \frac{1}{12} \times 300 \times 171.3^3 + 300 \times 171.3 \times \left(\frac{171.3}{2}\right)^2 + 7.8 \times 2120.57 \times (450 - 171.3)^2$$

$$\Rightarrow I_{cr} = 1787414885 \text{ mm}^4 \quad f_r = 4700 \sqrt{f_c} = 3.42$$

$$M_{cr} = \frac{1787414885 \times 3.42}{500 - 171.3} = 18597380.3 \text{ N.m} = 18.6 \text{ kN.m}$$

$$f_{c,max} = \frac{M_{cr} \times \bar{y}}{I_{cr}} = \frac{18597380.3 \times 171.3}{1787414885} = 1.78$$

$$f_s = n \times \frac{M_{cr} (d - \bar{y})}{I_{cr}} = 7.8 \times \frac{18597380.3 (450 - 171.3)}{1787414885} = 22.61$$

$1.78 \ll 30$ (I) $22.61 \ll 400$ (II) $\Rightarrow$ استیل، تسک

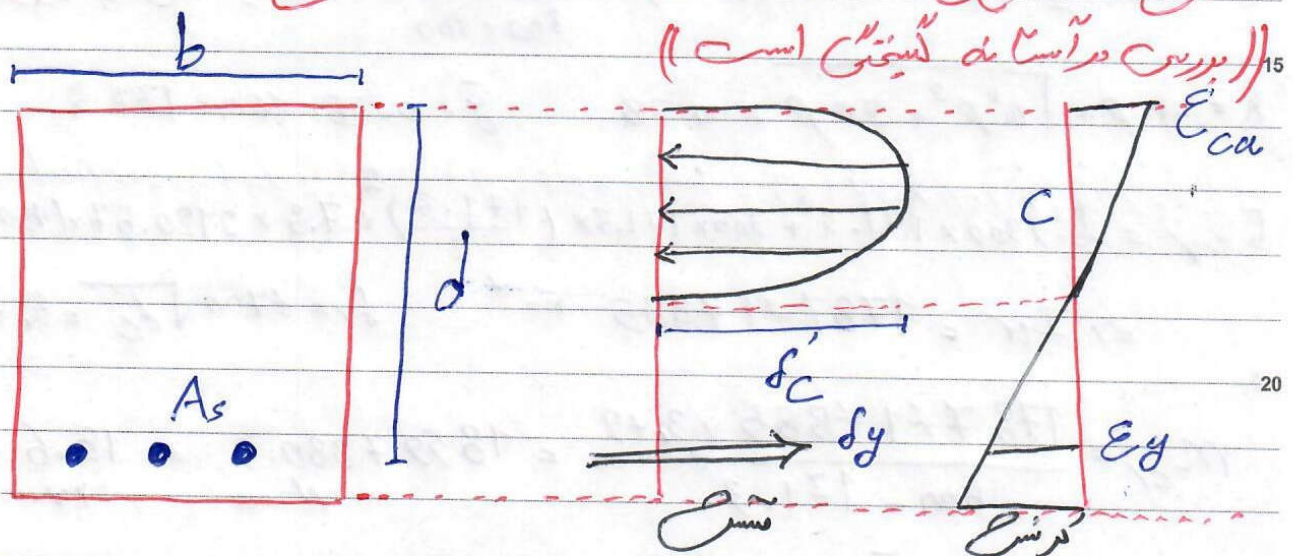
تئوری های تنش در بتن آرمه

1. اصل برافروخته: مصالح مسلح عمود بر محور خمش و پس از تغییر شکل خمی نیز مصالح باقی می ماندند $\Rightarrow$ کرنش عابضورت خفیف تغییر می کنند

2. پیوستگی بین بتن و فولاد: کرنش بتن و فولاد با هم برابرند

3. توزیع تنش در بتن و فولاد: در یک مقطع بتن آرمه بر اساس مکانیسم های تنش و کرنش آنها می باشد

مقطع مستطیلی تحت خمش به روش طرح مقادیر:



* طبق اصل سوم، فشار در بتن و فولاد در بتن و فولاد عیناً خفیف است

* طبق اصل اول، فشار در بتن و فولاد در بتن و فولاد عیناً خفیف است

$$F = \sigma \cdot A$$

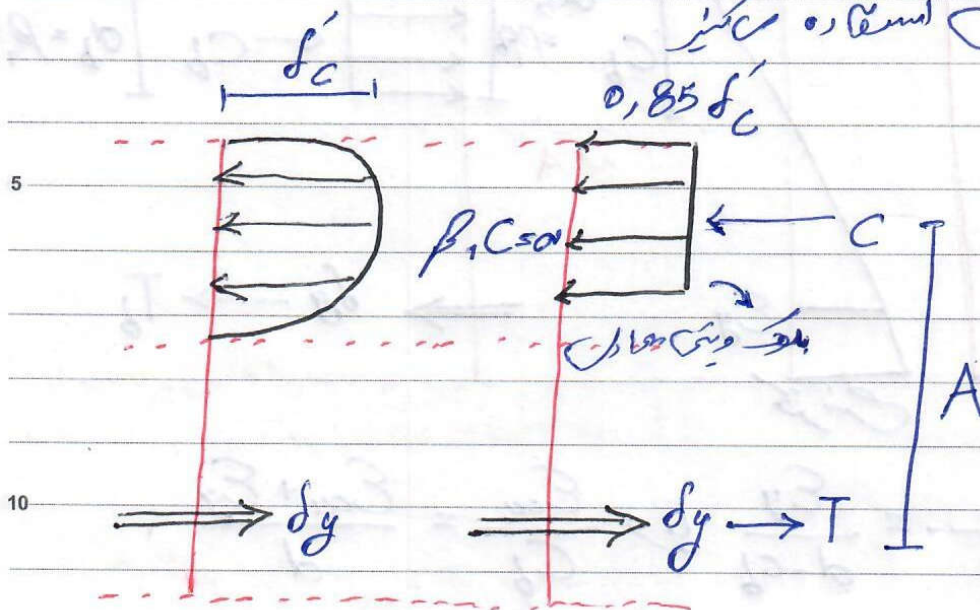
Subject:

Year : Month : Day : ()

page : 27

* به علت این که محاسبه سست به علت شکل مستطیل و بیضی است، از سست

جایگزین می‌کنیم و سست را $0,85 f'_c$ می‌گیریم



$$M = C \cdot A = T \cdot A$$

$$F = \sigma \cdot A$$

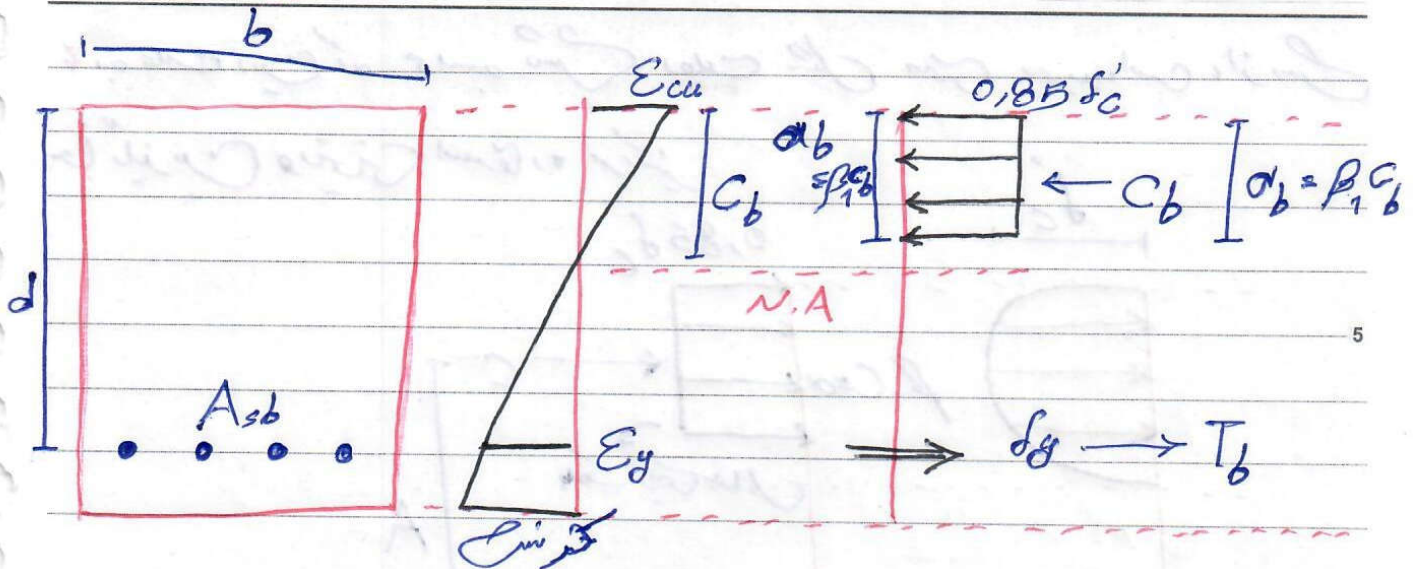
$$\beta_1 = 0,85$$

$$17 \text{ MPa} \leq f'_c \leq 28 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05}{7} (f'_c - 28) \quad f'_c > 28 \text{ MPa}$$

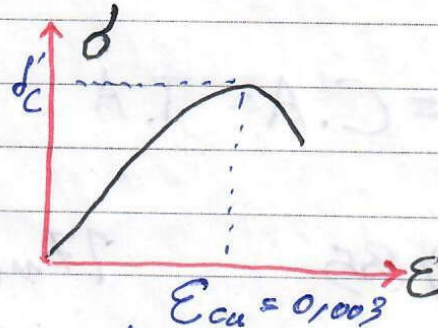
و ضریب متوازن (بالای) در یک مقطع متوازن *

25



فرضاً $\frac{E_{cu}}{C_b} \leq \frac{E_g}{d - C_b}$ و $\frac{E_{cu}}{C_b} = \frac{E_{cu} + E_g}{d}$

$$\Rightarrow C_b = \frac{E_{cu} \cdot d}{E_{cu} + E_g}$$



فرضاً $E_{cu} = 0.003$
 $E_g = \frac{f_y}{E_s}$
 $E_s = 2 \times 10^5 \text{ مپا}$

$\Rightarrow$ جابجایی
 مپا
 است

$$C_b = \frac{0.003}{0.003 + \frac{f_y}{2 \times 10^5}} d \Rightarrow C_b = \frac{600}{600 + f_y} d \quad \sigma_b = \beta_1 C_b$$

$$\Rightarrow \sigma_b = \beta_1 \frac{600}{600 + f_y} d *$$

معادلات
 $\sum F_x = 0 \Rightarrow T_b = C_b$

$$\left. \begin{array}{l} T_b = f_y \times A_{sb} \\ C_b = 0,85 f'_c \times \alpha_b \times b \end{array} \right\} \Rightarrow f_y \cdot A_{sb} = 0,85 f'_c \cdot \alpha_b \cdot b$$

$$\Rightarrow A_{sb} = 0,85 \frac{f'_c}{f_y} \cdot \alpha_b \times b \xrightarrow[\text{+ مقدار } \alpha_b]{\text{جایگذاری}} \Rightarrow \text{مقدار بعد از جایگزینی}$$

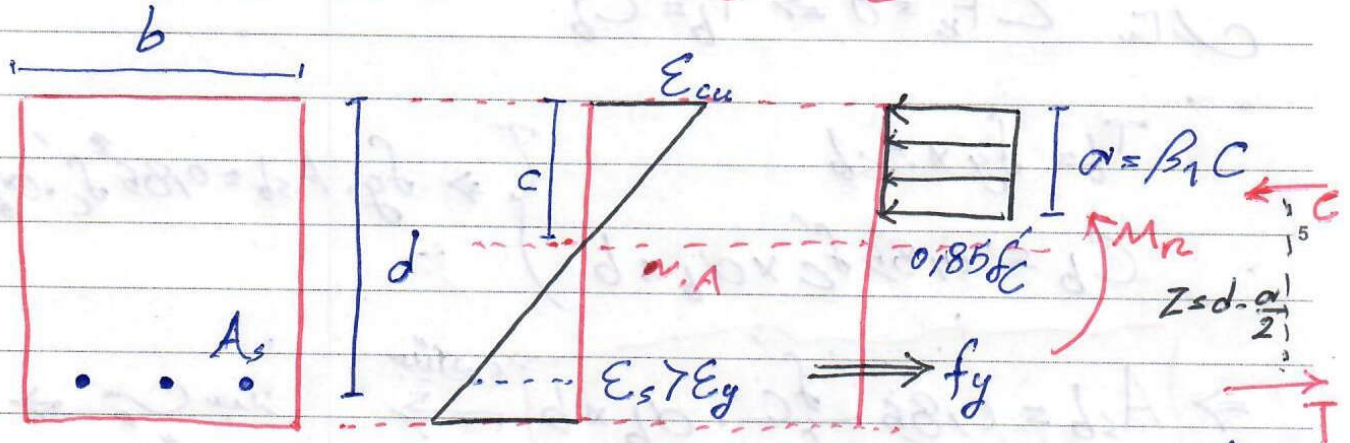
$$A_{sb} = 0,85 \cdot \beta_1 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \cdot b \quad \text{مقدار}$$

$$\rho = \frac{A}{b_d} \Rightarrow \rho_b = \frac{A_{sb}}{b_d} \Rightarrow \rho_b = 0,85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\left. \begin{array}{l} A_s < A_{sb} \\ \rho < \rho_b \end{array} \right\} \Rightarrow \text{مستطرد}$$

$$\left. \begin{array}{l} A_s > A_{sb} \\ \rho > \rho_b \end{array} \right\} \Rightarrow \text{مستطرد}$$

(A < A_{s6}) *مقدار میل کم شود*



$$C = 0.85 f'_c \times a \times b$$

$$T = f_y \times A_s$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow$$

$$\sigma = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

$$M_n = T \cdot Z \Rightarrow M_n = A_s f_y \left(d - \frac{A_s f_y}{1.7 f'_c b} \right)$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$M_n = \rho \cdot f_y \cdot b \cdot d^2 \left(1 - 0.59 \cdot \rho \cdot \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

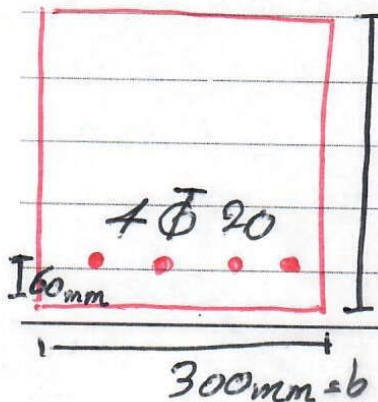
مثال (مثال این (مقدار میل کم شود) و به حساب آید

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$400 \text{ mm} = h$$

$$\Rightarrow d = 400 - 60 = 340 \text{ mm}$$



* در حل مسائل کرفولار هست باید جابجایی فولاد بررسی کرد

Subject:

Year: Month: Day: ()

page: 31

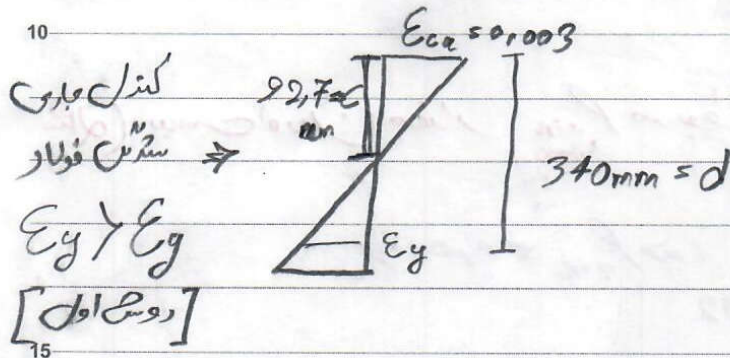
$$A_s = 4 \times \frac{\pi}{4} \times 20^2 = 1256 \text{ mm}^2$$

مقادیر: $T = C \Rightarrow A_s \times f_y \leq 0,85 f'_c \times \alpha \times b$

$$\Rightarrow 1256 \times 400 \leq 0,85 \times 25 \times \alpha \times 300 \Rightarrow \alpha \leq 78,8 \text{ mm}$$

$$M_u = T \times \left(d - \frac{\alpha}{2}\right) \Rightarrow M_u = 1256 \times 400 \times \left(340 - \frac{78,8}{2}\right)$$

$$= 201,2 \times 10^6 \text{ N.m} = 201,2 \text{ kN.m}$$



$$\alpha = \beta_1 C \Rightarrow C = \frac{\alpha}{\beta_1}$$

$$f'_c < 28 \Rightarrow \beta_1 = 0,85$$

$$\Rightarrow C = \frac{78,8}{0,85} = 92,7 \text{ mm}$$

نسبت
مقادیر: $\frac{0,1003}{92,7} = \frac{\epsilon_s}{340 - 92,7} \Rightarrow \epsilon_s = 0,0112 > \epsilon_y$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E} = \frac{400}{2 \times 10^5} = 0,002$$

[رو به جلو]: $A_s < A_{sb} \Rightarrow A_{sb} = 0,85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \cdot b \times d$

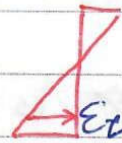
$$\leq 0,85 \times 0,85 \times \frac{25}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \times 300 \times 340 = 3251 \text{ mm}^2$$

$$\Rightarrow A_s = 1256 \text{ mm}^2 < A_{sb} = 3251 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{مقطع کرفولار}$$

محدودیت بیشترین و کمترین فولادکشی در آیین نامه:

$$\rho_{max} = 0,364 \times \beta_1 \frac{f_c}{f_y}$$

$\Rightarrow$



$$\epsilon_c \geq 0,004$$

$$\rho_{min} \leq \max \left\{ \frac{\sqrt{f_c}}{4f_y}, \frac{1,4}{f_y} \right\}$$

5. اگر سطح مقطع فولادکشی در هر مقطع

بیشتر از مقدار میلگرد لازم در

مراحل بارش، رعایت شرایطی

ρ_{min} نیازی نیست

10

مثال) بیشترین مقدار ρ_{min} مربوط به کدام مقطع:

$$\rho_{min} \leq \max \left\{ \frac{\sqrt{25}}{4 \times 400} = 0,0035, \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \right\}$$

$$\Rightarrow \rho_{min} = 0,0035$$

15

$$A_{s-min} = \rho_{min} \times b \times d = 0,0035 \times 300 \times 340 = 462 \text{ mm}^2 < A_s = 1256 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{max} = 0,364 \times 0,85 \times \frac{25}{400} = 0,0193 \Rightarrow A_{s-max} = 0,0193 \times 300 \times 340$$

$$\Rightarrow A_{s-max} = 1972 \text{ mm}^2 > A_s \quad \underline{OK}$$

20

مقاومت خمش مقاطع مستطیل و مقاومتهای

$$M_u \leq \phi M_n$$

مقاومت خمش نامی

مقطع یا مقطع نامی

25

مقاومت خمش
طراحی تحت اثر
بارهای ضربه

$$M_u = 1.2M_D + 1.6M_L \geq 1.4M_D$$

لنگر ناشی از بارها زنده → لنگر ناشی از بارها مرده → مقاومت
بارها مرده → ضریب بارها

محاسبه ϕ برای مقاطع خمشی (ACI 318-14):

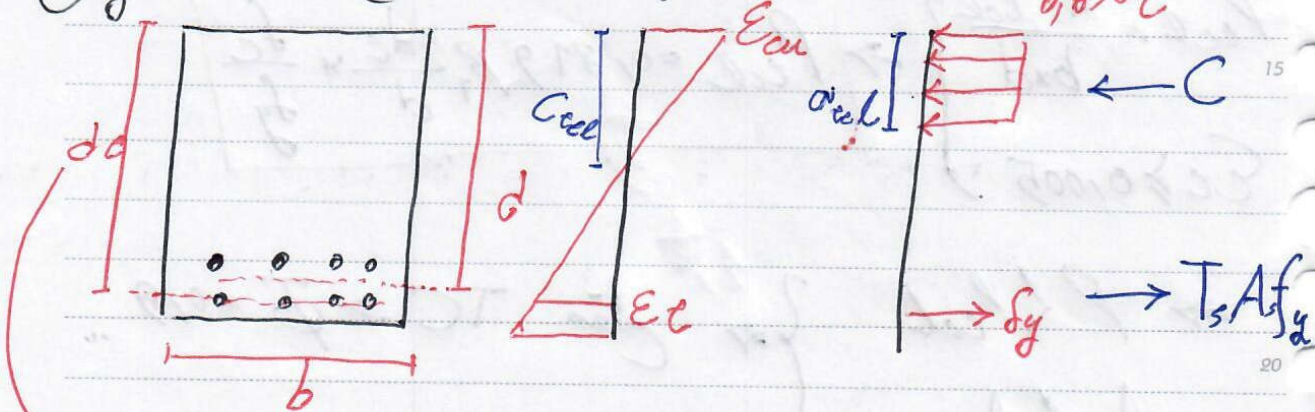
1. محاسبه مقاطع کشش کنترل (TC) tension-controlled

همزمان با استیجایی مقطع ($\epsilon_{cu} = 0.003$) کرنش حاصل کشش
در دورترین فولاد کشش مقطع (ϵ_s) بزرگتر یا مساوی 0.005 باشد

در این حالت داریم: $\epsilon_s \geq 0.005 \Rightarrow \phi = 0.9$

$\epsilon_s = 0.002$ (AII)

$f_y = 400$



فاصله بال ترین تار
فشاری تا پایین ترین
تار کشش فولاد

$$\sigma_{tcl} = \beta_1 \times C_{csl}$$

$$\frac{\sigma_{eel}}{\beta_1 \cdot C_{eel}} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_c} \rightarrow \frac{\sigma_{eel}}{d_c} = \frac{3}{8} \beta_1$$

$\nearrow 0.1003$
 $\nwarrow 0.1003$ $\nwarrow 0.1005$

أو $\frac{\sigma_{eel}}{d_c} < \frac{\sigma_{eel} = 0.10375 \beta_1}{d_c}$ (a)

$\Rightarrow TC \text{ مسموح } \Rightarrow \Phi = 0.9$

$TC \Rightarrow A_{s-eel} = 0.319 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \times b \times d_c$ (b)

$\left. \begin{array}{l} P_{eel} = \frac{A_{s-eel}}{b \times d} \\ \epsilon_c \geq 0.1005 \end{array} \right\} \Rightarrow P_{eel} = 0.319 \beta_1 \frac{d_c}{d} \times \frac{f'_c}{f_y}$

$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} P < P_{eel} \\ A_s < A_{s-eel} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{مسموح } TC \Rightarrow \Phi = 0.9$

2. محاسبه مقاطع فشار کشش (CC) : Compression-controlled (CC)

همزمان با کشش مقطع ($\epsilon_{cu} = 0.003$) کرنش در دوزین فولاد کششی کمتر یا مساوی حد کرنش فشار کشش باشد.

$$f_y = 400 \sim 420 \Rightarrow \epsilon_c < 0.002$$

مقطع فاقد دوزین
در هیچ بازه $\Rightarrow \phi = 0.65$

مقطع دارای دوزین
در هیچ بازه $\Rightarrow \phi = 0.75$

$$\frac{\sigma_{ccl}}{d_c} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_y} \beta_1 = \frac{3}{3 + 1000 \epsilon_y} \beta_1$$

A III برای ($f_y = 400 \sim 420 \text{ MPa}$) $\frac{\sigma_{ccl}}{d_c} = 0.6 \beta_1$

A IV برای ($f_y = 500 \sim 520 \text{ MPa}$) $\frac{\sigma_{ccl}}{d_c} = 0.55 \beta_1$

ارتفاع بلوک و تکیه

بیشتر باشد و
میشود یا جاری
من شود

$$\frac{\sigma}{d_c} \leq \frac{\sigma_{ccl}}{d_c} \Rightarrow \text{مقطع فشار کشش است (CC)}$$

$\phi = 0.65$ بدون دوزین
 $\phi = 0.75$ با دوزین

$$P_{ccl} = P_b = 0,85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600+d_y} \rightarrow \text{باب 3 (6)}$$

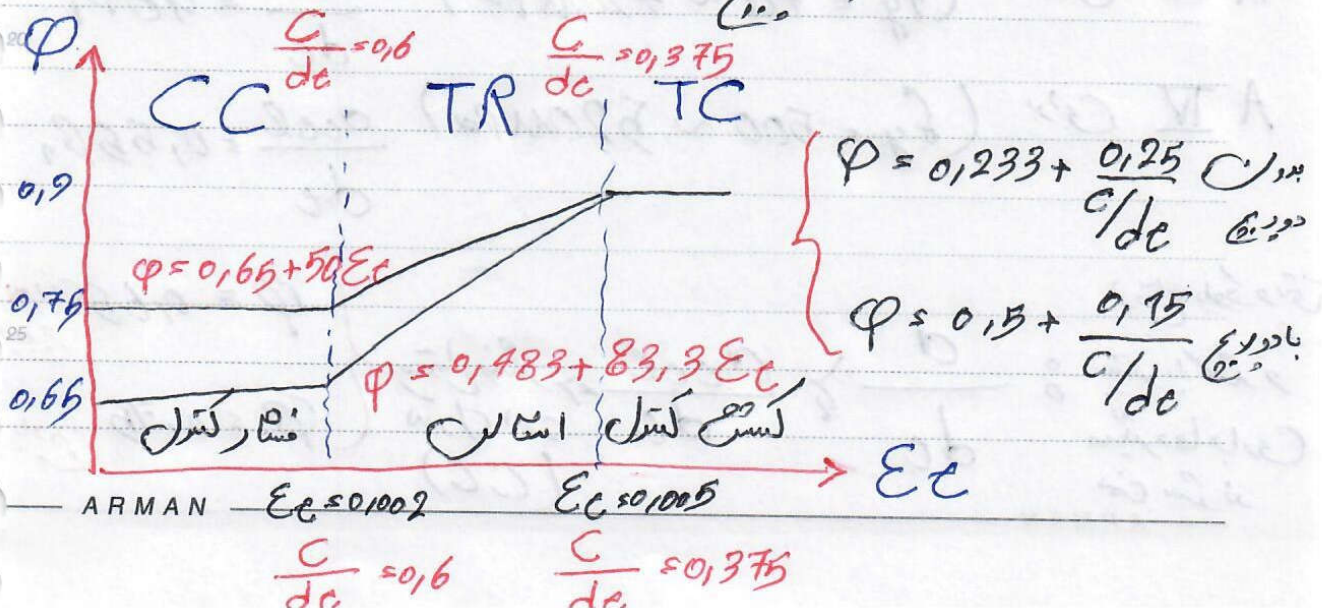
$P > P_{ccl} \Rightarrow$ مقطع فشار کنترل است (CC) $\rightarrow \varphi = 0,65$ بدون دیربج
 $\rightarrow \varphi = 0,75$ با دیربج

3. محاسبه مقطع در ناحیه انتقال : Torsion Region (TR)

منبرهات با بتن مسلح شده مقطع ($\epsilon_{cu} = 0,003$) کنترل در دورترین
 فولاد کسب بین $0,005$ و حد کرنش فشار کنترل منبرهات

$$f_y = (400 \sim 420) \text{ A III} \rightarrow 0,002 < \epsilon_c < 0,005$$

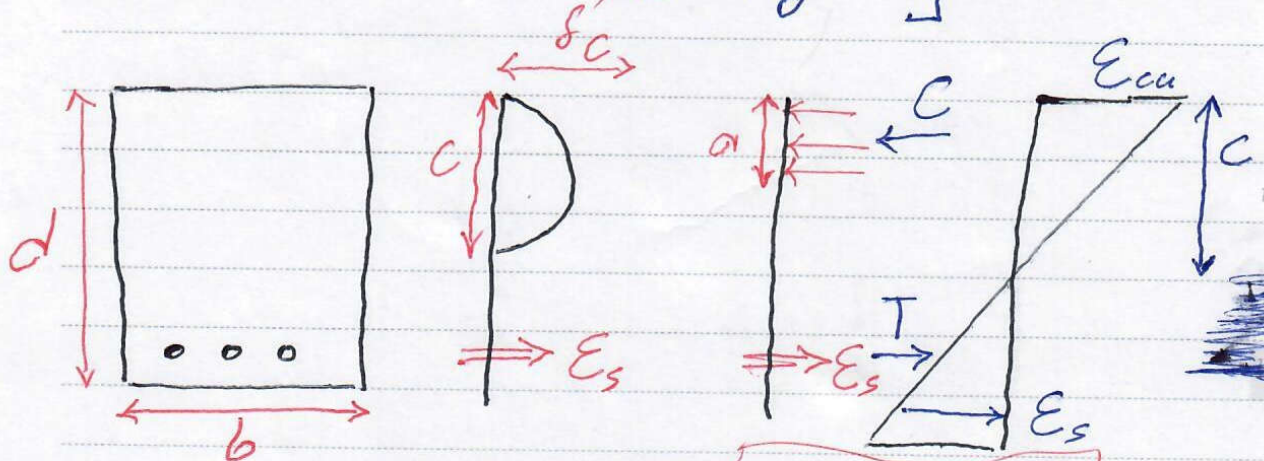
$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi = 0,483 + 83,3 \epsilon_c \quad \text{بدون دیربج} \\ \varphi = 0,65 + 50 \epsilon_c \quad \text{با دیربج} \end{array} \right.$$



حالت کن برای هر نوع فولاد :

$$\phi = 0,65 + 0,25 \left[\frac{E_s E_c - f_y}{1000 - f_y} \right] \quad \text{برای فولاد}$$

$$\phi = 0,75 + 0,15 \left[\frac{E_s E_c - f_y}{1000 - f_y} \right] \quad \text{برای فولاد}$$



$$\epsilon_{cu} = 0,003 \quad \epsilon_s < \epsilon_y$$

بر فولاد

$$\alpha = \beta_1 C$$

εy نداریم چون فولاد در حالت الاستیک است

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow C = T \Rightarrow 0,85 f'_c \times b \times \alpha = A_s \times f_y$$

$$\text{استاتیک: } M_u = 0,85 f'_c \times \alpha \times b \left(d - \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$\therefore \alpha = \frac{1}{2} \left(\sqrt{\alpha^2 + 4 \beta_1 d \alpha} - \alpha \right) \Rightarrow \alpha = \frac{600 P d}{0,85 f'_c}$$

5

10

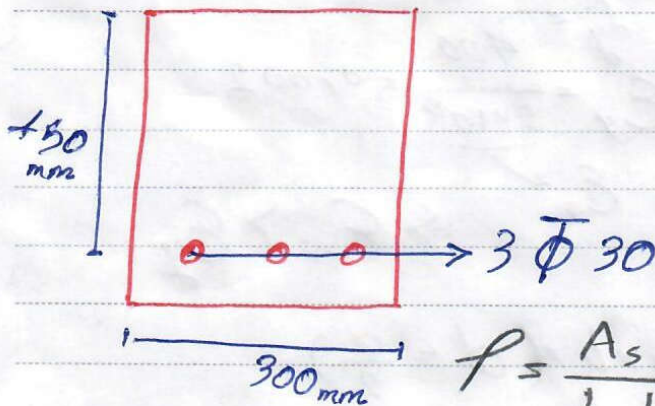
1/2

15

20

25

المسألة: مقادير عزم طرأ على مقطع زوازي، رابطة أساس (دوس)
طرح مقادير طرأ كبر (PMN)



$$f'_c = 28 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$A_s = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 30^2 = 2121 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{b d} = \frac{2121}{300 \times 450} = 0,0157$$

$$\rho_b = 0,85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,85 \times 0,85 \times \frac{28}{400} \times \frac{600}{600 + 400}$$

$$f'_c = 28 \rightarrow \beta_1 = 0,85 \rightarrow \rho_b = 0,0303$$

$$\rho < \rho_b \Rightarrow M_n = \rho b d^2 \times f_y \left(1 - 0,59 \times \rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$\Rightarrow M_n = 0,0157 \times 300 \times 450^2 \times 400 \left(1 - 0,59 \times 0,0157 \times \frac{400}{28} \right)$$

$$= 331 \times 10^6 \text{ N.mm} = 331 \text{ kN.m}$$

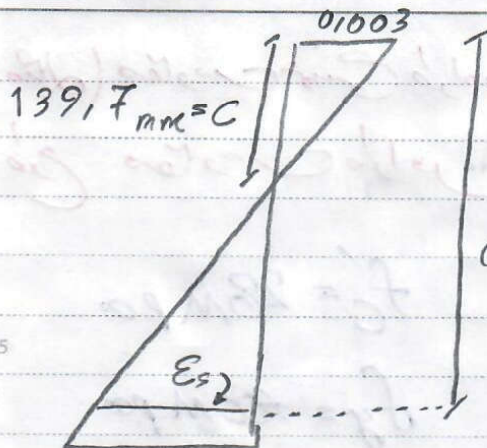
ملاحظة:
ملاحظة

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow C = T \Rightarrow 0,85 f'_c \times b \times \alpha = A_s \times f_y$$

$$\Rightarrow 0,85 \times 28 \times 300 \alpha = 2121 \times 400 \Rightarrow \alpha = 118,8 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow C = \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{118,8 \text{ mm}}{0,85} = 139,7 \text{ mm}$$

ARMAN



$$\frac{0,003}{139,7} = \frac{\epsilon_s}{450 - 139,7}$$

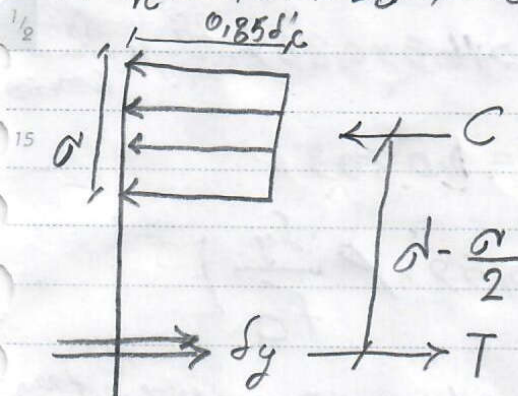
$$\Rightarrow \epsilon_s = 0,0066$$

$$\epsilon_y = \frac{400}{2 \times 10^3} = 0,002$$

$$\Rightarrow \epsilon_s > \epsilon_y$$

$$\Rightarrow M_R = 0,85 \times f'_c \times \alpha \times b \times \left(d - \frac{\alpha}{2}\right)$$

$$\Rightarrow M_R = 0,85 \times 28 \times 118,8 \times 300 \left(450 - \frac{118,8}{2}\right) = 331 \times 10^6 \text{ N.m}$$



$$\Rightarrow M_R = 331 \text{ kN.m}$$

$$\epsilon_s > 0,005$$

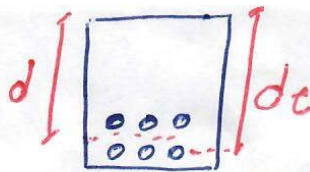
$$\epsilon_s = 0,0066 > 0,005$$

$$\Rightarrow TC \text{ مقلوب} \rightarrow \phi = 0,9$$

$$\phi M_R = 0,9 \times 331 = 297,9 \text{ kN.m}$$

$$\rho_{ecol} = 0,319 \beta_1 \frac{d_c}{d} \times \frac{f'_c}{f_y} \Rightarrow \rho_{ecol} = 0,319$$

$$\rho_{ecol} = 0,319 \times 0,85 \times \frac{450}{450} \times \frac{28}{400} = 0,019$$



$$\rho = 0,0157 < \rho_{tcl} = 0,019 \Rightarrow \text{TC قطع} \rightarrow \rho = 0,9$$

مقاومت در برابر
قوا

$$\phi M_n = 0,9 \times 331 = 297,9 \text{ kN.m}$$

مساحت مقطع (3 بار) $A_s = 3\Phi 34$ حل کنید

$$A_s = 3 \times \frac{\pi}{4} \times 34^2 = 2723 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{2723}{300 \times 450} = 0,0202$$

از جدول
قبل

$$\rho_b = 0,0303 \Rightarrow \rho < \rho_b \Rightarrow \text{مقطع تحت فولاد}$$

$$M_n = \rho b d^2 \times f_y \left(1 - 0,59 \rho \frac{f_y}{f_c}\right)$$

$$= 0,0202 \times 300 \times 450^2 \times 400 \left(1 - 0,59 \times 0,0202 \times \frac{400}{28}\right)$$

$$= 407,3 \text{ kN.m}$$

از جدول قبل

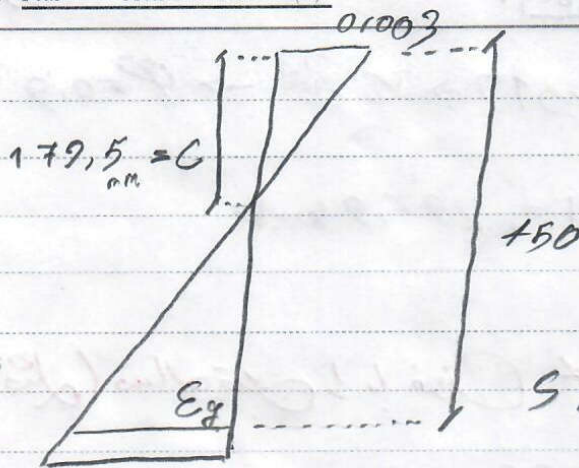
$$\rho = ? \Rightarrow \rho_{tcl} = 0,019 \Rightarrow \rho > \rho_{tcl} \Rightarrow \text{مقطع تحت بار}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow C = T \Rightarrow 0,85 \times 28 \times 300 \times \alpha = 2723 \times 400$$

$$\Rightarrow \alpha = 152,6 \text{ mm}$$

$$C = \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{152,6}{0,85} = 179,5 \text{ mm}$$

فرض می شود
فولاد جاری شده



$$\frac{0.003}{179.5} = \frac{\epsilon_s}{450 - 179.5}$$

$$\Rightarrow \epsilon_s = 0.00452$$

$$5400 \rightarrow \epsilon_y = 0.002$$

$$0.002 < \epsilon_s = 0.00452 < 0.005 \Rightarrow \text{TR مقبول}$$

فولاد جاری کردن مقبول است

$$5400 \Rightarrow \phi = 0.183 + 83.3 \epsilon_s = 0.183 + 83.3 \times 0.00452$$

$$\Rightarrow \phi = 0.86$$

$$\phi M_n = 0.86 \times 407.3 = 350.3 \text{ kN.m}$$

$$M_n = 0.85 \times 28 \times 152.6 \times 300 \left(450 - \frac{152.6}{2} \right) = 407.3 \text{ kN.m}$$

مساحت فولاد مورد نیاز $A_s = 3500 \text{ mm}^2$

$$A_s = 3500 \text{ mm}^2 \Rightarrow \rho = \frac{3500}{300 \times 450} = 0.0259$$

$$\rho_b = 0.0303 \Rightarrow \rho < \rho_b$$

$$\Rightarrow M_n = \rho b d^2 f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$= 0.0259 \times 300 \times 450^2 \times 400 \left(1 - 0.59 \times 0.0259 \times \frac{400}{28} \right)$$

$$\Rightarrow M_n = 491 \text{ kN.m}$$

$$\varphi = ? \Rightarrow C = T \Rightarrow 0,185 \times 28 \times 300 \times \alpha = 3500 \times 100$$

له فون فون و جاري

$$\Rightarrow \alpha = 230,7 \text{ mm}$$

$$\text{ماتريال پراپرتي : } \epsilon_s = \epsilon_{cu} \times \frac{d_c - C}{C} \Rightarrow \epsilon_s = 0,00285$$

$$\Rightarrow \epsilon_y = 0,002 < \epsilon_s = 0,00285 < 0,005$$

فولاد جاري

$$\text{TR مقادير : } \rho = 0,483 + 83,3 \times 0,00285 = 0,72$$

$$\Rightarrow \varphi M_R = 0,72 \times 491 = 354 \text{ kN.m}$$

$$* \int A_s = 2724 \text{ mm}^2 \Rightarrow \varphi M_R = 350,3 \text{ kN.m}$$

$$* \left\{ \begin{array}{l} A_s = 3500 \text{ mm}^2 \Rightarrow \varphi M_R = 354 \text{ kN.m} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow A_s \rightarrow 28\% \uparrow \Rightarrow \varphi M_R \rightarrow 1\% \uparrow$$

تمرین: مثلاً قبل، را با فرض $A_s = 4900 \text{ mm}^2$ حل کنید

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{4900}{300 \times 150} = 0.036 \quad \rho_b = 0.0303$$

$$\Rightarrow \rho > \rho_b$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{150 \times 600 \times 0.036}{0.85 \times 28} = 408.4$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \left(\sqrt{408.4^2 + 4(0.85)(150)(408.4)} - 408.4 \right) = 240.67$$

$$M_n = 0.85 f'_c \alpha b \left(d - \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$\Rightarrow M_n = 0.85 \times 28 \times 240.67 \times 300 \left(150 - \frac{240.67}{2} \right)$$

$$= 566.5 \text{ kN.m}$$

طراحی مقطع مستطیل تحت تنش به روش طرح مقاومتی

$$M_u \leq \phi M_n$$

$M_u \rightarrow$ مومنت

طراحی مقطع تحت تنش مسلح

$$\rho < \rho_b \quad (\text{تیر فولاد})$$

به جهت شکل پذیری بیشتر در وضعیت گسیل کنترل (TC)

قرار بپذیرد

$$\frac{M_u}{bd^2} = \rho f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f_c'} \right) \quad (1)$$

$$M_u \leq \phi M_n \rightarrow M_u = \phi M_n$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{M_u}{\phi bd^2} \quad (2) \quad m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} \quad (3)$$

$$\Rightarrow \text{حالت‌های 1 و 2 و 3} \rightarrow \rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \quad (*)$$

حالت اول: ابعاد مقطع مسلح و براساس نیروهای مسلح باید مقدار فولاد را محاسبه کنید

از رابطه (*) مقدار فولاد را محاسبه می‌کنیم و کنترل ρ_{min} و ρ_{max}

را انجام داده و مقدار ϕ را چک می‌کنیم

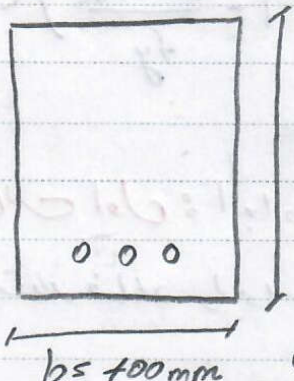
$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

اگر $\rho < \rho_{min}$ $\rightarrow A_{s-min} = A_s \leq \rho_{min} \times b \times d$
 $A_s = 1,33 \rho b d < A_{s-min}$

اگر $\rho > \rho_{max}$ $\rightarrow (E_c < 0,004)$ $\rightarrow$ افزایش ابعاد مقطع
 مساحت دهان فولاد بیشتر

اگر $0,004 < E_c < 0,005$
 $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$
 $\frac{3}{8} \beta_1 \leq \frac{\sigma_{ack}}{d_e} < \frac{\sigma}{d_e} < \frac{\sigma_{max}}{d_e} \leq \frac{3}{7} \beta_1$ $\rightarrow$ تائید مناسب ϕ از 0,9 باید در محاسبه P دیده شود

مثال) عتقار لازم برای یک مقطع مستطیلی به ابعاد $b = 100 \text{ mm}$ و $h = 500 \text{ mm}$ که تحت لنگر بارهای ضربدری برابر $M_u = 240 \text{ kN.m}$ قرار گرفته است را بررسی کنید



$M_u = 240 \text{ kN.m}$
 $f'_c = 35 \text{ MPa}$
 $f_y = 400 \text{ MPa}$

مقدار جبروتی $d \approx h - 65 \text{ mm} \Rightarrow d = 500 - 65 = 435 \text{ mm}$
 مساحت فولاد و مقدار در نظر گرفته شده

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} \xrightarrow{\phi=0,9} R_n = \frac{240 \times 10^6}{0,9 \times 400 \times 435^2} = 3,52 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,45 \times 3,52}{400}} \right)$$

$$\Rightarrow \rho = 0,0094$$

$$\rho_{min} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} = 0,0037 \\ \frac{1,4}{f_y} = 0,0035 \end{array} \right. \Rightarrow \rho_{min} = 0,0037$$

$$\Rightarrow \rho = 0,0094 > \rho_{min} \quad \checkmark$$

$$\rho_{eccl} = 0,319 \beta_1 \times \frac{f'_c}{f_y} = 0,319 \times 0,8 \times \frac{35}{400} = 0,0229$$

$$\beta_1 = 0,85 \quad f_c \leq 28 \text{ MPa} \quad (E_c > 0,005) : \rho < \rho_{eccl}$$

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05}{7} (f'_c - 28) \Rightarrow \beta_1 = 0,8 \Rightarrow T.C. \Rightarrow \phi = 0,9$$

(f'_c > 35)

$$A_s = \rho b d = 0,0094 \times 400 \times 435 = 1636 \text{ mm}^2$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 3 \Phi 28 \rightarrow A_s = 1847 \text{ mm}^2 \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 2 \Phi 25 + 1 \Phi 30 \rightarrow A_s = 1689 \text{ mm}^2 \end{array} \right.$$

982 707

$$\begin{array}{l} \rightarrow 3 \Phi 28 \\ \rightarrow 2 \Phi 25 + 1 \Phi 30 \end{array}$$

تبدیل: ارماتور کششی مقطع زیر را در حالت زیر محاسبه کنید

5

10

 $1/2$

15

20

25

حالت دوم: ابعاد مقطع و مقدار فولاد نامشخص است ولیکن مصالح

مشخص است

روال طدامت

1. تعیین مصالح از ابعاد و وزن تیر

$$* (D + L) \approx 10\% \sim 20\% \text{ تعیین اولیه از وزن تیر}$$

$$* \text{ (طول مفاد) } \approx 8\% \sim 10\% (h) \text{ تعیین اولیه از ارتفاع تیر}$$

$$* \text{ (ارتفاع تیر) } \approx 50\% \sim 70\% (b) \text{ تعیین اولیه از عرض تیر}$$

2. حدس اولیه مناسب برای فولاد مقطع

الف) خنجر محدودیت ابعاد:

$$P = (0.35 \sim 0.4) P_b$$

$$\Rightarrow P = (0.35 \sim 0.4) \times 0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$P \approx 0.18 \frac{f'_c}{f_y}$$

ب) محدودیت ابعاد در با سازه:

$$P = P_{cal} = 0.319 \beta_1 \frac{d_c}{d_b} \times \frac{f'_c}{f_y}$$

مقدار P_6 ابداساس $\rho = \frac{600 + f_y}{1600}$
 مقدار P_{col} یک پایه با f_c

5. σ_1 $\sigma_y = 100$ $\Rightarrow \rho_{col} = 0.625/b$
A III

11 $f_g = 300 \Rightarrow P_{ck} = 0.563 f_c$
A II

$$N_{\text{I}} f_y = 500 \text{ MPa} \Rightarrow \rho_{\text{cal}} = 0.688 \rho_b$$

3. قس ابعاد مقطع (bd^2)

$$15. M_{rz} = \rho \times f_y \times b d^2 (1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f_c'})$$

جواب: $\omega = \rho \frac{L_y}{L_x}$ نسبت طول و
مکانی

$$K_n = \int_C \omega (1 - 0.59\omega)$$

$$\Rightarrow bd^2 \leq \frac{M_u}{k_n} \leq \frac{M_u}{k_n}$$

Paulo do Carmo.

25 $\frac{d}{b} \approx 1.5 \sim 2 \xrightarrow[\text{انحراف}]{\text{تغير دقت}}$ ρ $\leftarrow$ ρ $\leftarrow$ ρ